

(19)



(11)

EP 3 112 138 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.01.2017 Patentblatt 2017/01

(51) Int Cl.:
B29C 70/38 (2006.01)
G01N 21/84 (2006.01)
G01N 21/88 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16176544.1**

(22) Anmeldetag: **28.06.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

- **Orth, Tilman**
80469 München (DE)
- **Eitzinger, Christian**
4810 Gmunden (AT)
- **Weimer, Christian**
81539 München (DE)

(30) Priorität: **30.06.2015 DE 102015008313**

(71) Anmelder: **Airbus Defence and Space GmbH**
82024 Taufkirchen (DE)

(72) Erfinder:
• **Engel, Franz**
81539 München (DE)

(74) Vertreter: **Isarpatent**
Patent- und Rechtsanwälte Behnisch Barth
Charles
Hassa Peckmann & Partner mbB
Friedrichstrasse 31
80801 München (DE)

(54) DETEKTION VON ABLEGEFEHLERN BEI DER AUTOMATISIERTEN SCHICHTWEISEN ABLAGE VON VERSTÄRKUNGSFASERBÄNDERN

(57) Vorrichtung und Verfahren zur Detektion von Ablegefehlern bei der automatisierten Ablage von Verstärkungsfaserbändern.

Vorrichtung (10) zum automatisierten Ablegen von Verstärkungsfaserbändern (12, 32) auf einer Unterlage (16) mittels eines Ablegekopfes (14) und mindestens einer diesem zugeordneten Rolle (30).

Zur Erfassung von Ablegefehlern ist in die mindestens eine Rolle (30) mindestens eine Strahlungsquelle (42) und/oder mindestens ein Sensor (44) integriert und

diese Rolle (30) ist zumindest bereichsweise für eine von der Strahlungsquelle (42) abgegebene Strahlung (50) durchlässig.

Hierdurch lassen sich Ablegefehler frühzeitig, mit hoher Genauigkeit sowie unmittelbar im Ablegebereich der Rolle (30) erkennen. Infolgedessen kann eine arbeitsintensive, manuelle optische Nachinspektion der jeweils abgelegten obersten Schicht (24) von Verstärkungsfaserbändern (12) entfallen.

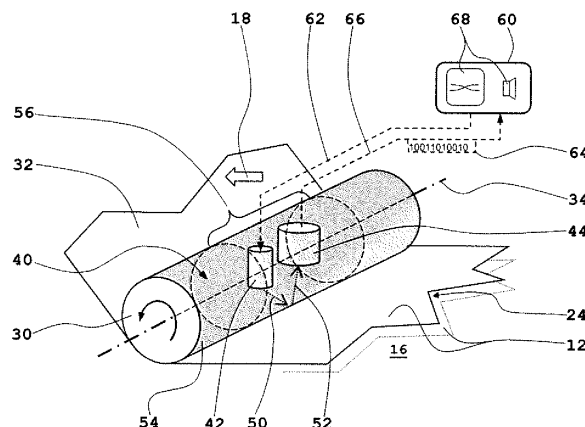


Fig. 2

EP 3 112 138 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft zunächst eine Vorrichtung zum automatischen Ablegen von Verstärkungsfaserbändern auf einer Unterlage mittels eines Ablegekopfes und mindestens einer diesem zugeordneten Rolle.

[0002] Darüber hinaus hat die Erfindung ein Verfahren zur Detektion von Ablegefehlern beim automatischen Ablegen von Verstärkungsfaserbändern mittels einer Vorrichtung zum Gegenstand.

[0003] Zur Herstellung leichtgewichtiger Bauteile mit einer zugleich hohen mechanischen Belastbarkeit werden heutzutage in der Regel kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe, wie zum Beispiel CFK verwendet. Zur rationalen Fertigung von Bauteilen aus CFK mit komplexen Geometrien kommt in diesem Zusammenhang unter anderem das s. g. AFP-Verfahren ("Automated Fibre Placement") zum Einsatz. Hierbei werden schmale Bänder aus Kohlenstofffasern mittels eines Ablegekopfes sukzessiv nebeneinander und übereinander auf einer Unterlage abgelegt und auf geeignete Weise fixiert. Zum Abschluss des im Allgemeinen vollautomatisch ablaufenden Ablegeprozesses wird der so erzeugte Verstärkungsfaseraufbau bevorzugt mit einem aushärtbaren Kunststoff infiltriert und ausgehärtet. Alternativ können auch mit einem aushärtbaren Kunststoff vorimprägnierte Bänder aus Kohlenstofffasern (s. g. "Prepregs") vollautomatisch mittels des Ablegekopfes auf einer Unterlage abgelegt werden, so dass die Lagefixierung der trockenen Kohlenstofffaserbänder und deren nachträgliche Infiltration mit dem aushärtbaren Kunststoff entfallen kann.

[0004] Zur Qualitätssicherung wird ein am Ablegekopf angeordnetes optisches Detektorsystem eingesetzt, das etwaige Ablegefehler berührungslos erfasst bzw. die Einhaltung vorgegebener Anforderungen überprüft. Typische Ablegefehler bzw. Qualitätskennwerte, die es zu identifizieren gilt, sind beispielsweise Lücken zwischen den CFK-Bändchen, Überlappungen, Verdrehungen, Abrisse, Ausfransungen, Fremdstoffe, s. g. "Fuzzballs", Spleißzonen, zu früh oder zu spät erfolgte Abschnitte oder fehlende CFK-Bändchen.

[0005] Eine Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zum automatischen Ablegen von Verstärkungsfaserbändern auf einer Unterlage anzugeben, bei der etwaige Ablegefehler mit hoher Genauigkeit und Zuverlässigkeit detektierbar sind. Darüber hinaus ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur verbesserten Detektion von Ablegefehlern beim AFP-Prozess anzugeben.

[0006] Diese Aufgabe wird zunächst dadurch gelöst, dass zur Erfassung von Ablegefehlern in die mindestens eine Rolle mindestens eine Strahlungsquelle und/oder mindestens ein Sensor integriert ist und diese Rolle zumindest bereichsweise für eine von der Strahlungsquelle abgegebene Strahlung durchlässig ist.

[0007] Hierdurch ist eine vollautomatische Detektion von Ablegefehlern bereits während des Ablegevorgangs möglich, so dass die ansonsten nach dem Ablegen einer

Schicht von Verstärkungsfaserbändern manuell durchzuführende optische Inspektion entfallen kann. Aufgrund der direkten Integration des aus der Strahlungsquelle und dem Sensor bestehenden Messsystems in die Rolle, wird der Bewegungsraum des Ablegekopfes kaum eingeschränkt. Darüber hinaus ist aufgrund der unmittelbaren Nähe des Messsystems zum aktuellen Ablegeort eine beträchtliche Steigerung der Qualität bei der Detektion von Ablegefehlern erreichbar. Als Sensor kann beispielsweise eine für die von der Strahlungsquelle emittierte Strahlung empfindliche elektronische Kamera oder ein Sensorarray zur Anwendung kommen. Für den Fall, dass der Einbauraum innerhalb der Rolle begrenzt ist, kann der Sensor oder die Strahlungsquelle außerhalb der Rolle positioniert sein. Für den Fall, dass die Strahlungsquelle außerhalb der Rolle angeordnet ist, kann die Strahlung z. B. mittels eines Strahlungsleiters in die Rolle eingekoppelt werden. Weiterhin kann die reflektierte Strahlung auch mittels eines Strahlungsleiters aus der Rolle ausgekoppelt und einem außerhalb der Rolle angeordneten Sensor zugeführt werden. Bei den Verstärkungsfaserbändern kann es sich sowohl um trockene als auch um vorimprägnierte handeln.

[0008] Im Fall einer günstigen technischen Weiterbildung ist mittels des mindestens einen Sensors die von der mindestens einen Strahlungsquelle abgegebene und von mindestens einem abgelegten Verstärkungsfaserband als diffuse und/oder direkte Reflexionsstrahlung zurückgeworfene Strahlung zur Erfassung von Ablegefehlern erfassbar.

[0009] Infolgedessen ist eine berührungslose und zuverlässige Detektion von Ablegefehlern möglich. Zur Detektion von Ablegefehlern werden als physikalische Basisgröße die Reflexionseigenschaften des von den Verstärkungsfaserbändern reflektierten Lichts verwendet. Dabei wird die Eigenschaft genutzt, dass neben der Farbe (s.g. "Albedo") der Oberfläche auch der Neigungswinkel zur Strahlungsquelle und zum Sensor einen Einfluss auf die Helligkeit hat. Durch ein geeignetes mathematisch-geometrisches Modell kann aus der Helligkeit unter mehreren Beleuchtungsrichtungen auf die Form der Oberfläche geschlossen werden.

[0010] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung gibt die mindestens eine Strahlungsquelle elektromagnetische Strahlung in einem Wellenlängenbereich zwischen 200 nm bis 800 nm ab.

[0011] Hierdurch kann die Abtastung der Oberfläche der abgelegten Verstärkungsfaserbänder mit einer Strahlung erfolgen, deren Wellenlänge optimal für die Detektion von Ablegefehlern geeignet ist. Die Wellenlänge der von der Strahlungsquelle abgegebenen Strahlung liegt dabei zwischen dem fernen Infrarot und dem fernen Ultraviolett. Bevorzugt emittiert die mindestens eine Strahlungsquelle Strahlung bzw. Licht in einem für das menschliche Auge sichtbaren Wellenlängenbereich.

[0012] Nach Maßgabe einer günstigen Weiterentwicklung ist die mindestens eine Strahlungsquelle insbesondere eine Leuchtdiode, eine Laserdiode oder ein Laser.

[0013] Hierdurch steht eine Vielzahl von Beleuchtungsoptionen zur Verfügung. Die Strahlungsquelle kann die Verstärkungsfaserstränge bevorzugt kontrolliert von einer Auswerteeinheit kontinuierlich, getriggert oder mit einer bestimmten Frequenz bestrahlen bzw. beleuchten. Entsprechendes gilt für die Ansteuerung des mindestens einen Sensors.

[0014] Nach Maßgabe einer weiteren günstigen Ausgestaltung ist die Rolle mit integrierter Strahlungsquelle und/oder mit integriertem Sensor zumindest bereichsweise flexibel ausgebildet.

[0015] Hierdurch kann die Rolle auf gekrümmten Unterlagen eingesetzt werden, wobei die geänderten Brechungsverhältnisse zu berücksichtigen sind.

[0016] Bei einer weiteren günstigen Fortbildung ist vorgesehen, dass die Rolle mit integrierter Strahlungsquelle und/oder mit integriertem Sensor zumindest bereichsweise mit einem für die Strahlung im Wesentlichen durchlässigen Material, insbesondere mit einem Glas oder mit einem Kunststoff, gebildet ist.

[0017] Infolgedessen ist ein weitestgehend verlustfreier Durchtritt der von der Strahlungsquelle abgegebenen Strahlung gegeben. Das strahlungsdurchlässige Glas bzw. der Kunststoff kann vollkommen transparent, milchig und/oder entspiegelt sein.

[0018] Im Fall einer Ausgestaltung sind mittels der Rolle mit integrierter Strahlungsquelle und/oder mit integriertem Sensor die abgelegten Verstärkungsfaserbänder kompaktierbar und/oder drapierbar.

[0019] Hierdurch kann die z. B. mit der Strahlungsquelle und dem Sensor ausgerüstete Rolle weitere Aufgaben erfüllen, für die ansonsten weitere Rollen vorzusehen wären, woraus ein kostengünstiger Aufbau der Vorrichtung resultiert. Alternativ können neben der einen, mit der Strahlungsquelle und dem Sensor ausgerüsteten Rolle, weitere Rollen für die Kompaktierungsfunktion und/oder die Drapierfunktion vorgesehen sein. Durch einen Arbeitsabstand, der einen ausreichend großen Bereich abdeckt, kann die Rolle bei gleichzeitiger Übernahme der Kompaktierungsfunktion auch segmentiert ausgebildet sein.

[0020] Nach Maßgabe einer weiteren Ausgestaltung ist die Rolle mit integrierter Strahlungsquelle und/oder mit integriertem Sensor vor oder hinter mindestens einer weiteren Rolle, insbesondere einer Kompaktierrolle oder einer Drapierrolle, positioniert.

[0021] Hierdurch ist eine größere konstruktive Freiheit hinsichtlich der Auslegung der mit der Strahlungsquelle und dem Sensor bestückten Rolle gegeben. Zugleich kann ggfls. voreilend oder nachlaufend eine Erwärmung der Verstärkungsfaserbänder mittels der mindestens einen Strahlungsquelle und/oder eine zusätzliche Kompaktierung erfolgen.

[0022] Gemäß einer Weiterbildung sind die abgelegten Verstärkungsfaserbänder mittels der mindestens einen Strahlungsquelle erwärmbar.

[0023] Hierdurch können z. B. geeignet vorimprägnierte Verstärkungsfaserbänder klebrig gemacht und/oder

ausgehärtet werden. Zum Erwärmen der Verstärkungsfaserbänder und zum Detektieren von Ablegefehlern können zwei unterschiedliche Strahlungsquellen zum Einsatz kommen, um eine wechselseitige Beeinflussung zu vermeiden.

[0024] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung sind von dem mindestens einen Sensor erzeugte Messdaten mittels einer elektronischen Auswerteeinheit zur Erkennung von Ablegefehlern auswertbar.

[0025] Infolgedessen ist eine weitgehend selbsttätige Auswertung und Erkennung von Ablegefehlern möglich. Die Auswerteeinheit kann z. B. mit einem Digitalrechner, einem PC, einem FPGA, einem Mikrocontroller, einem mittels eines Software-Algorithmus auf einer geeigneten Hardwareplattform realisierten Neuronalen-Netzwerk oder dergleichen realisiert sein. Die Auswerteeinheit detektiert auf der Basis der von dem mindestens einen Sensor erzeugten Messdaten mittels geeigneter Algorithmen etwaige Ablegefehler und stellt diese online oder offline in einer für einen Anwender geeigneten Weise dar.

[0026] Bevorzugt ist der mindestens eine Sensor eine Kamera zur Erzeugung von Bilddaten.

[0027] Hierdurch ist eine besonders detaillierte und flächige Erfassung der von der Oberfläche der Verstärkungsfaserbänder diffus und/oder direkt zurückgeworfenen Reflexionsstrahlung möglich.

[0028] Darüber hinaus wird die eingangs genannte Aufgabe durch ein Verfahren nach Maßgabe des Oberbegriffs des Patentanspruchs 12 gelöst, das durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:

a) Ablegen von Verstärkungsfaserbändern mittels der Vorrichtung,

b) bereichsweises Bestrahlen mindestens eines abgelegten Verstärkungsfaserbandes mittels mindestens einer Strahlungsquelle,

c) Erfassen der von dem mindestens einen abgelegten Verstärkungsfaserband diffus und/oder direkt zurückgeworfenen Reflexionsstrahlung mittels mindestens eines Sensors, und

d) Auswerten der von dem mindestens einen Sensor gelieferten Messdaten mittels einer Auswerteeinheit zur Detektion von Ablegefehlern.

[0029] Hierdurch lassen sich etwaige Ablegefehler beim Ablegeprozess von Verstärkungsbändern auf einfache Art und Weise, mit hoher Zuverlässigkeit und bereits unmittelbar beim Ablegen eines Abschnitts eines Verstärkungsfaserbandes automatisch ermitteln.

[0030] Im Fall einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens erfolgt beim Auftreten eines Ablegefehlers eine Signalisierung mittels der Auswerteeinheit und/oder das Ablegen von Verstärkungsfaserbändern wird unterbrochen.

[0031] Hierdurch lassen sich Ablegefehler frühzeitig

erkennen und schwer oder gar nicht mehr mit vertretbarem Aufwand zu korrigierende Folgefehler, d. h. das Ablegen von Verstärkungs-faserbändern auf einen bereits vorhandenen Ablegefehler, vermeiden.

[0032] In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine perspektivische Prinzipdarstellung einer Vorrichtung zum automatischen Ablegen von Verstärkungsfaserbändern auf einer Unterlage, und

Fig. 2 eine vergrößerte Darstellung des Ausschnitts II von Fig. 1.

[0033] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Prinzipdarstellung einer Vorrichtung zum automatischen Ablegen von Verstärkungsfaserbändern auf einer Unterlage.

[0034] Eine Vorrichtung 10 weist zum automatischen Ablegen von Verstärkungsfaserbändern 12 im AFP-Prozess unter anderem einen Ablegekopf 14 auf. Zum schichtweisen, sukzessiven Ablegen der Verstärkungsfaserbänder 12 auf einer Unterlage 16 ist der Ablegekopf 14 z. B. mittels eines nicht dargestellten Handhabungsgeräts, insbesondere eines Standard-Industrieroboters mit einer Vielzahl von Freiheitsgraden, in Relation zu der Unterlage 16 frei positionierbar. Als Verstärkungsfaserbänder 12 kommen bevorzugt schmale Kohlenstofffaserbänder bzw. CFK-Bändchen zum Einsatz. Die Verstärkungsfaserbänder 12 können trocken oder zumindest abschnittsweise mit einem geeigneten Kunststoff vorimprägniert sein. Die Unterlage 16 kann eine von der hier lediglich exemplarisch gezeigten ebenen Form abweichende, beispielsweise eine beliebig zweidimensional gekrümmte bzw. eine zumindest bereichsweise konvex oder konkav gekrümmte Oberflächengeometrie aufweisen. Der Ablegekopf 14 bewegt sich hier lediglich beispielhaft in einer Ablegerichtung 18 parallel zu einer x-Achse eines Koordinatensystems 20 vertikal beabstandet zur Unterlage 16 bzw. zu den darauf bereits abgelegten Verstärkungsfaserbändern 12. Grundsätzlich ist der Ablegekopf 14 automatisiert auf beliebigen geraden oder gekrümmten Bahnen frei im Raum in Relation zu der Unterlage 16 bewegbar.

[0035] An einem freien Ende 22 des Ablegekopfes 14, der einer obersten Schicht 24 von bereits abgelegten Verstärkungsfaserbändern 12 bzw. der Unterlage 16 zugewandt ist, befindet sich eine in einer gabelförmigen Halterung 26 drehbar gelagerte zylindrische Rolle 30 zum Führen bzw. Umlenken eines aktuell abzulegenden Verstärkungsfaserbandes 32. Gegebenenfalls kann mittels dieser Rolle 30 zugleich das Kompaktieren bzw. das Andrücken und/oder das Drapieren der bereits auf der Unterlage 16 platzierten Verstärkungsfaserbänder 12 erfolgen. Erfindungsgemäß ist direkt in diese Rolle 30 ein hier nicht dargestellter Sensor und/oder eine Strahlungsquelle zum Detektieren von etwaigen Ablegefehlern integriert. Eine Drehachse 34 der Rolle 30 verläuft hier beispielhaft quer bzw. rechtwinklig zu der Ablagerichtung 18 bzw. der x-Achse des Koordinatensystems 20.

[0036] Die Fig. 2 illustriert eine vergrößerte Darstellung des Ausschnitts II von Fig. 1.

[0037] Durch die - wie mit dem schwarzen Drehpfeil angedeutet - um die Drehachse 34 drehbar gelagerte Rolle 30 wird das aktuell von einer nicht dargestellten Vorratsspule abgezogene und abzulegende Verstärkungsfaserband 32 zumindest geführt bzw. umgelenkt und auf der Unterlage 16 abgelegt und bildet dort das Verstärkungsfaserband 12. Mittels der Rolle 30 oder mit weiteren, nicht dargestellten Rollen, kann das Verstärkungsfaserband 12 ggfls. kompaktiert und/oder drapiert werden. Bei diesen in den Zeichnungen nicht dargestellten Rollen kann es sich beispielsweise um s. g. Kompaktier- bzw. Andruckrollen oder Drapierrollen handeln, die in Bezug zu der Ablegerichtung 18 bzw. zur Bewegungsrichtung der Rolle 30 in Relation zu der Unterlage 16 -jeweils in Abhängigkeit von der zu übernehmenden Funktion als Drapier- oder Kompaktierrolle - vor oder nach der Rolle 30 angeordnet sein können.

[0038] In einem hier lediglich beispielhaft hohlzylindrisch angedeuteten Innenraum 40 der Rolle 30 sind bevorzugt eine Strahlungsquelle 42 und ein Sensor 44 integriert. Mittels der Strahlungsquelle 42 wird elektromagnetische Strahlung 50 in einem Wellenlängenbereich von 1 mm (fernes Infrarot) bis zu 200 nm (fernes Ultraviolett) erzeugt und auf das mindestens eine Verstärkungsfaserband 32 bzw. bereichsweise auf die oberste Schicht 24 von abgelegten Verstärkungsfaserbändern 12 abgestrahlt.

[0039] Die von der Strahlungsquelle 42 emittierte Strahlung 50 wird von dem mindestens einen Verstärkungsfaserband 12 der obersten Schicht 24 als diffuse und/oder direkte Reflexionsstrahlung 52 zurückgeworfen und trifft auf den Sensor 44 auf, der für eben diesen Wellenlängenbereich sensitiv ausgebildet ist.

[0040] Um einen möglichst ungehinderten Durchgang der Strahlung 50 bzw. der Reflexionsstrahlung 52 zu erreichen, ist die Rolle 30 zumindest bereichsweise transparent, d.h. durchlässig für die Strahlung 50 und die Reflexionsstrahlung 52 ausgebildet. Zu diesem Zweck weist eine zylindrische Außenmantelfläche 54 der Rolle 30 hier einen umlaufenden, transparenten Bereich 56 auf, der für die Strahlung 50 bzw. die Reflexionsstrahlung 52 weitestgehend durchlässig ist. Dieser zylindrische Bereich 56 kann beispielsweise mit einem Glas oder mit einem strahlungsdurchlässigen Kunststoff gebildet sein. Alternativ kann auch die gesamte Rolle 30 transparent ausgestaltet sein. Weiterhin ist es denkbar, die Rolle 30 zumindest abschnittsweise flexibel zu gestalten, um ein Abrollen derselben auf einem gekrümmten Untergrund bei größeren Rollenabmessungen zu erlauben.

[0041] Die Strahlungsquelle 42 sowie der Sensor 44 sind hier beispielsweise drehfest in Relation zur Drehachse 34 angeordnet, wobei durch den sich über den gesamten Umfang erstreckenden, die Funktion eines durchgehenden "Fensters" innehabenden Bereich 56 unabhängig von der jeweiligen Drehposition der Rolle 30 stets ein ungehinderter Durchtritt der Strahlung 50 bzw.

der Reflexionsstrahlung 52 gegeben ist, so dass eine kontinuierliche Detektion von Ablagefehlern möglich ist.

[0042] Weiterhin kann in die Außenmantelfläche 54 der Rolle 30 eine Vielzahl von umfangsseitig bevorzugt gleichmäßig zueinander beanstandeten, fensterartigen Aussparungen für den Durchtritt der Strahlung 50 bzw. der Reflexionsstrahlung 52 eingebracht sein. In einer solchen Konstellation kommt es infolge der sich ständig drehenden Rolle 30 und dem zwischen jeweils zwei benachbarten fensterartigen Aussparungen verbleibenden Materialstegen bei drehfest angeordneter Strahlungsquelle 42 und drehfest positioniertem Sensor 44 jedoch zu kurzzeitigen periodischen Unterbrechungen der Strahlung 50 bzw. der Reflexionsstrahlung 52, so dass eine kontinuierliche Detektion von Ablagefehlern nicht gewährleistet ist.

[0043] Die Strahlungsquelle 42 wird bevorzugt von einer Auswerteeinheit 60, wie mit einer Leitung 62 angedeutet, angesteuert, während die von dem Sensor 44 erzeugten Messdaten 64 über eine weitere Leitung 66 der Auswerteeinheit 60 zur detaillierten Auswertung und Analyse zugeführt werden. Die von dem mindestens einen Verstärkungsfaserband 12 zurückgeworfene Reflexionsstrahlung 52 erlaubt in Verbindung mit der Auswerteeinheit 60 eine sehr zuverlässige und detailgenaue Detektion sowie eine Typunterscheidung von etwaig auftretenden Ablegefehlern der eingangs beschriebenen Art. Zu diesem Zweck ist in der Auswerteeinheit 60 eine Vielzahl von geeigneten mathematischen Algorithmen hinterlegt.

[0044] Die mindestens eine Strahlungsquelle 42 ist bevorzugt mit einer Leuchtdiode, einer Laserdioden, mit einem Laser oder einem anderen kompakten Leuchtmittel aufgebaut. Der mindestens eine Sensor 44 kann beispielsweise mit einer elektronischen Kamera (CCD-Kamera) oder mit einem zweidimensionalen Sensorarray realisiert sein. Für den Fall, dass der Sensor 44 mit einer Kamera gebildet ist, handelt es sich bei den Messdaten 64 bevorzugt um digitale Bilddaten. Die Auswerteeinheit 60 ist bevorzugt mit einer universellen, digitalen Recheneinheit, insbesondere mit einem PC, einem vorprogrammierten FPGA, einem Mikrocontroller, einem digital simulierten neuronalen Netzwerk oder dergleichen umgesetzt.

[0045] Erforderlichenfalls kann die Strahlungsquelle 42 oder der Sensor 44 auch außerhalb der Rolle 30 angeordnet werden, was insbesondere bei zu geringen Abmessungen des Innenraums der Rolle 30 von Vorteil sein kann. In einer solchen Konstellation kann die Strahlung 50 bzw. die Reflexionsstrahlung 52 mittels geeigneter Strahlungsleiter bzw. Lichtleiter aus oder in die Rolle 30 eingekoppelt werden.

[0046] Da die Ansteuerung der Strahlungsquelle 42 vorzugsweise ebenfalls mittels der Auswerteeinheit 60 erfolgt, ergibt sich eine Vielzahl von zeichnerisch nicht dargestellten Optionen, das mindestens eine abgelegte Verstärkungsfaserband 12 bzw. die oberste Schicht 24 der abgelegten Verstärkungsfaserbänder 12 mittels der

Rolle 30 zumindest bereichsweise zu bestrahlen bzw. zu beleuchten und die Reflexionsstrahlung 52 dem Sensor 44 in geeigneter Weise zuzuleiten.

[0047] So können zwei oder mehr Strahlungsquellen mittels der Auswerteeinheit 60 alternierend geschaltet werden, wobei die mit den unterschiedlichen Strahlungsquellen vom Sensor 44 aufgenommenen digitalen Messdaten 64 bzw. die Bilddaten gemeinsam analysiert werden und die unterschiedlichen Bestrahlungsrichtungen durch die geeignete geometrische Anordnung der Strahlungsquellen erzeugt werden. Alternativ können die unterschiedlichen Strahlungsquellen durch Beugung bzw. Diffraktion oder Interferenz erzeugt werden. Durch die mindestens eine Strahlungsquelle 42 kann weiterhin ein lokaler Hell-/Dunkelübergang erzeugt werden und der Sensor 44 nimmt diese Messdaten 64 bzw. diese Bilddaten spezifisch im Bereich dieses Übergangs auf. Weiterhin kann mittels der Strahlungsquelle 42 eine nicht dargestellte schmale Linie auf das abgelegte Verstärkungsfaserband 12 projiziert werden, deren Verlauf mit Hilfe des Sensors 44 erfasst und mittels der Auswerteeinheit 60 einer eingehenden Analyse unterzogen wird. Darüber hinaus können zwei oder mehr Strahlungsquellen zum Einsatz kommen, deren Strahlung eine unterschiedliche Frequenz bzw. Wellenlänge aufweist, wobei die Auswertung durch die Extraktion und Analyse der von dem mindestens einen Sensor erfassten, einzelnen Farbkanäle mittels der Auswerteeinheit 60 erfolgt.

[0048] Die zur Detektion von Ablegefehlern auf der Basis der vom berührungslosen optischen Sensor 44 bereitgestellten Messdaten 64 erforderlichen mathematischen Algorithmen (digitale Bildanalyse) sind dem Fachmann aus dem Stand der Technik hinreichend geläufig.

[0049] Ferner können die Verstärkungsfaserbänder 12 mittels der Strahlungsquelle 42 oder einer weiteren nicht dargestellten Strahlungsquelle erwärmt und hierdurch adhäsiv und/oder im Fall von geeignet mit Kunststoff vorimprägnierten Verstärkungsfaserbändern 12 auch ausgehärtet werden, wodurch sich signifikante Rationalisierungspotenziale bei der Herstellung von CFK-Formteilen im AFP-Prozess ergeben.

[0050] Im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Verstärkungsfaserbänder 12 mittels der Vorrichtung 10 auf der Unterlage 16 automatisiert abgelegt. Zugleich wird das mindestens eine Verstärkungsfaserband 12 zumindest bereichsweise mittels der mindestens einen, bevorzugt in die Rolle 30 direkt integrierten Strahlungsquelle 42 bestrahlt. Parallel hierzu erfolgt das Erfassen der von dem mindestens einen abgelegten Verstärkungsfaserband 12 diffus und/oder direkt zurückgeworfenen Reflexionsstrahlung 52 mittels des vorzugsweise gleichfalls in die Rolle 30 integrierten Sensors 44 sowie die numerische Auswertung der von diesem gelieferten Messdaten 64 mittels der elektronischen Auswerteeinheit 60 zur Detektion von etwaigen Ablegefehlern. Darüber hinaus lässt sich mittels der Auswerteeinheit 60 neben dem Vorhandensein eines Ablegefehlers auch dessen Art bzw. Typ bestimmen.

[0051] Für den Fall, dass ein Ablegefehler detektiert wird, kann z. B. durch eine der Auswerteeinheit 60 zugeordnete optische und/oder akustische Signaleinrichtung 68 ein entsprechender Hinweis an einen Anwender erfolgen und/oder der gesamte Ablegeprozess kann ohne das Erfordernis eines weiteren äußeren Eingriffs selbsttätig unterbrochen oder gänzlich beendet werden.

Bezugszeichenliste

[0052]

- 10. Vorrichtung
- 12. Verstärkungsfaserband (abgelegt)
- 14. Ablegekopf
- 16. Unterlage
- 18. Ablegerichtung
- 20. Koordinatensystem
- 22. freies Ende (Ablegekopf)
- 24. oberste Schicht
- 26. Halterung (gabelförmig)

- 30. Rolle
- 32. Verstärkungsfaserband
- 34. Drehachse (Rolle)

- 40. Innenraum (Rolle)
- 42. Strahlungsquelle
- 44. Sensor

- 50. Strahlung
- 52. Reflexionsstrahlung
- 54. Außenmantelfläche
- 56. Bereich (strahlungsdurchlässig)

- 60. Auswerteeinheit
- 62. Leitung
- 64. Messdaten
- 66. Leitung
- 68. Signaleinrichtung

Patentansprüche

- 1. Vorrichtung (10) zum automatischen Ablegen von Verstärkungsfaserbändern (12, 32) auf einer Unterlage (16) mittels eines Ablegekopfes (14) und mindestens einer diesem zugeordneten Rolle (30), **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erfassung von Ablegefehlern in die mindestens eine Rolle (30) mindestens eine Strahlungsquelle (42) und/oder mindestens ein Sensor (44) integriert ist und diese Rolle (30) zumindest bereichsweise für eine von der Strahlungsquelle (42) abgegebene Strahlung (50) durchlässig ist.
- 2. Vorrichtung (10) nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des mindestens ei-

nen Sensors (44) die von der mindestens einen Strahlungsquelle (42) abgegebene und von mindestens einem abgelegten Verstärkungsfaserband (12) als diffuse und/oder direkte Reflexionsstrahlung (52) zurückgeworfene Strahlung (50) zur Erfassung von Ablegefehlern erfassbar ist.

- 3. Vorrichtung (10) nach Patentanspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Strahlungsquelle (42) elektromagnetische Strahlung (50) in einem Wellenlängenbereich zwischen 1 mm und 200 nm abgibt.
- 4. Vorrichtung (10) nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Strahlungsquelle (42) insbesondere eine Leuchtdiode, eine Laserdiode oder ein Laser ist.
- 5. Vorrichtung (10) nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rolle (30) mit integrierter Strahlungsquelle (42) und/oder mit integriertem Sensor (44) zumindest bereichsweise flexibel ausgebildet ist.
- 6. Vorrichtung (10) nach Patentanspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rolle (30) mit integrierter Strahlungsquelle (42) und/oder mit integriertem Sensor (44) zumindest bereichsweise mit einem für die Strahlung (50) im Wesentlichen durchlässigen Material, insbesondere mit einem Glas oder mit einem Kunststoff, gebildet ist.
- 7. Vorrichtung (10) nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Rolle (30) mit integrierter Strahlungsquelle (42) und/oder mit integriertem Sensor (44) die abgelegten Verstärkungsfaserbänder (12) kompaktierbar und/oder drapierbar sind.
- 8. Vorrichtung (10) nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rolle (30) mit integrierter Strahlungsquelle (42) und/oder mit integriertem Sensor (44) vor oder hinter mindestens einer weiteren Rolle, insbesondere einer Kompaktierrolle oder einer Drapierrolle, positioniert ist.
- 9. Vorrichtung (10) nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die abgelegten Verstärkungsfaserbänder (12) mittels der mindestens einen Strahlungsquelle (42) erwärmbar sind.
- 10. Vorrichtung (10) nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** von dem mindestens einen Sensor (42) erzeugte Messdaten (64) mittels einer elektronischen Auswerteeinheit (60) zur Erkennung von Ablegefehlern auswertbar sind.

11. Vorrichtung (10) nach Patentanspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Sensor (44) eine Kamera zur Erzeugung von Bilddaten ist.
12. Verfahren zur Detektion von Ablegefehlern beim automatischen Ablegen von Verstärkungsfaserbändern (12) mittels einer Vorrichtung, insbesondere mittels der Vorrichtung (10) nach einem der Patentansprüche 1 bis 11, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
- a) Ablegen von Verstärkungsfaserbändern (12) mittels der Vorrichtung,
 - b) bereichsweises Bestrahlen mindestens eines abgelegten Verstärkungsfaserbandes (12) mittels mindestens einer Strahlungsquelle (42),
 - c) Erfassen der von dem mindestens einen abgelegten Verstärkungsfaserband (12) diffus und/oder direkt zurückgeworfenen Reflexionsstrahlung (52) mittels mindestens eines Sensors (44), und
 - d) Auswerten der von dem mindestens einen Sensor (44) gelieferten Messdaten (64) mittels einer Auswerteeinheit (60) zur Detektion von Ablegefehlern.
13. Verfahren nach Patentanspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Auftreten eines Ablegefehlers eine Signalisierung mittels der Auswerteeinheit (60) erfolgt und/oder das Ablegen von Verstärkungsfaserbändern (12) unterbrochen wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

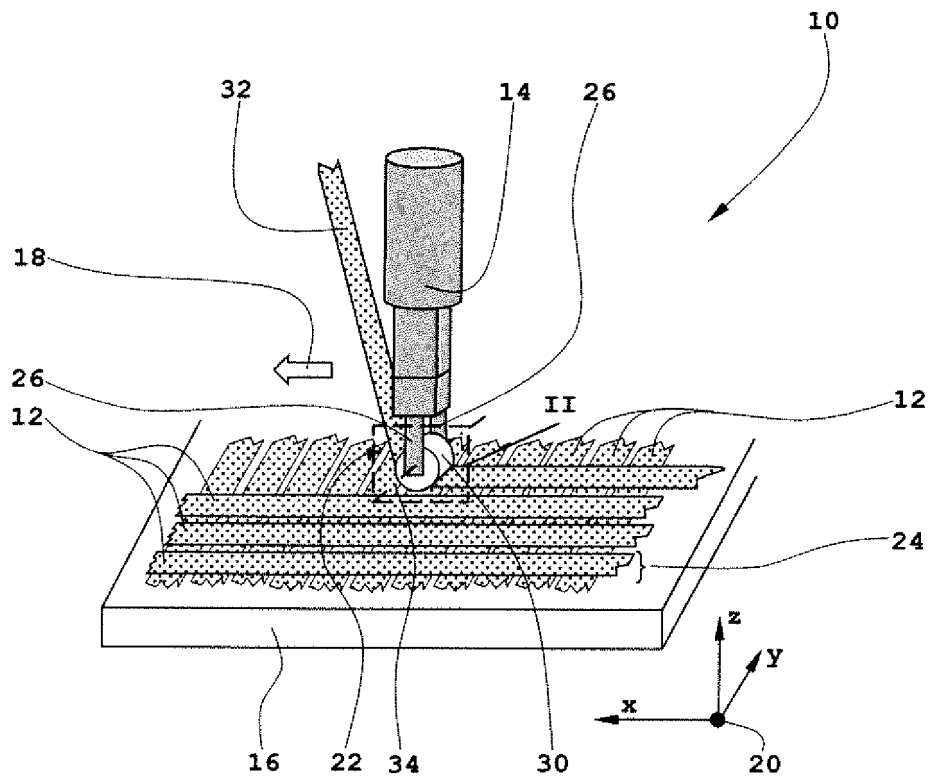


Fig. 1

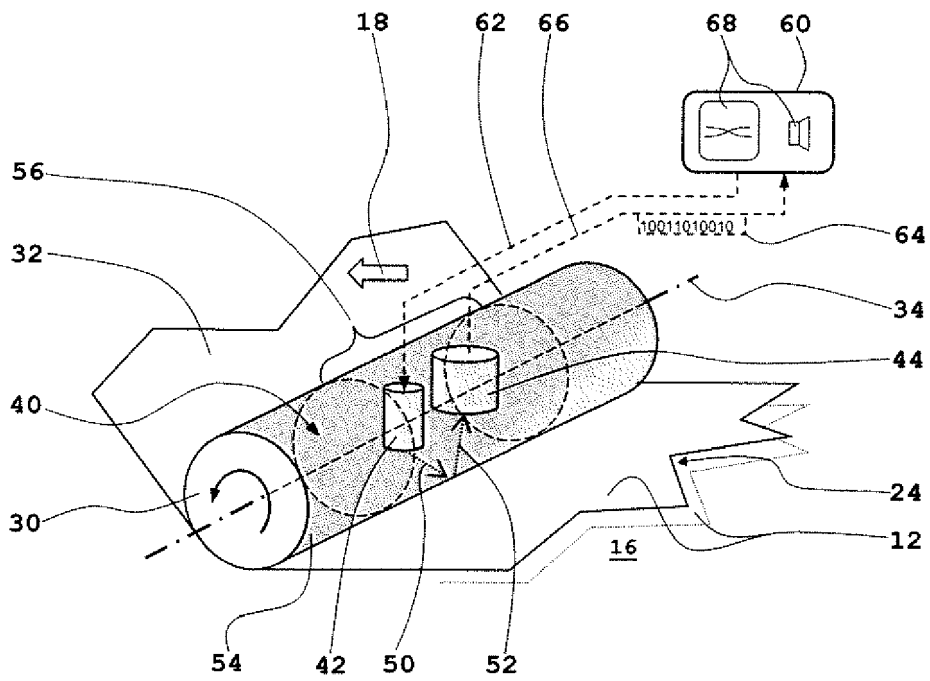


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 17 6544

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,P	EP 3 015 851 A1 (AIRBUS DEFENCE & SPACE GMBH [DE]) 4. Mai 2016 (2016-05-04) * Absatz [0033] - Absatz [0034]; Ansprüche 1-15 *	1-7,9-13	INV. B29C70/38 G01N21/88
A	US 8 668 793 B2 (ENGELBART ROGER W [US] ET AL) 11. März 2014 (2014-03-11) * Abbildungen 1-8, 11, 12, 14 * * Spalte 1, Zeile 49 - Spalte 2, Zeile 8 * * Spalte 4, Zeile 17 - Zeile 37 *	1-13	ADD. G01N21/84
A	WO 2013/104600 A1 (VOITH PATENT GMBH [DE]) 18. Juli 2013 (2013-07-18) * Abbildung 2 * * Seite 1, Zeile 1 - Zeile 5 * * Seite 4, Zeile 15 - Seite 5, Zeile 12 * * Seite 12, Zeile 9 - Seite 13, Zeile 17 *	1-13	
A,P	E. OROMIEHIE ET AL: "In situ process monitoring for automated fibre placement using fibre Bragg grating sensors", SHM. STRUCTURAL HEALTH MONITORING, 16. August 2016 (2016-08-16), XP055313109, XX ISSN: 1475-9217, DOI: 10.1177/1475921716658616 * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B29C G01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 1. November 2016	Prüfer Wellhausen, C
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 17 6544

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-11-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 3015851	A1	04-05-2016	DE 102014015831 B3	28-04-2016
				EP 3015851 A1	04-05-2016
				US 2016114536 A1	28-04-2016
15	-----				
	US 8668793	B2	11-03-2014	AU 2006279900 A1	22-02-2007
				CA 2615114 A1	22-02-2007
				CA 2870238 A1	22-02-2007
				EP 1943086 A1	16-07-2008
20				JP 5103394 B2	19-12-2012
				JP 2009505075 A	05-02-2009
				KR 20080038143 A	02-05-2008
				US 2007034313 A1	15-02-2007
				US 2014124142 A1	08-05-2014
25				WO 2007021890 A1	22-02-2007

	WO 2013104600	A1	18-07-2013	CN 104040072 A	10-09-2014
				DE 102012200387 A1	18-07-2013
				EP 2802709 A1	19-11-2014
30				US 2014374460 A1	25-12-2014
				WO 2013104600 A1	18-07-2013

35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82